



ARTE E CIÊNCIA NO ENSINO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS

ART AND SCIENCE IN INTERDISCIPLINARY SCIENCE TEACHING

ARTE Y CIENCIA EN LA ENSEÑANZA INTERDISCIPLINARIA DE LA CIENCIA

António Cachapuz ¹

Resumo: Um modo possível de nos tornarmos mais humanos é através de uma visão dialógica entre a Arte e Ciência em contraponto com a visão segmentada e hierárquica do conhecimento. Tendo como referência as ideias de Morin sobre a complexidade do conhecimento, o estudo visa promover uma perspetiva diferente das relações entre Arte e Ciência e do modo como essa nova perspetiva pode ser explorada no ensino interdisciplinar das ciências. Após uma reflexão epistémica sobre o tema, apresentam-se exemplos oriundos da pesquisa sugerindo pistas de trabalho para apoiar os professores de ciências numa reconfiguração interdisciplinar do seu ensino.

Palavras-chave: Ciência. Arte. Interdisciplinaridade. Ensino das Ciências.

Abstract: A possible way to become more human is through a dialogical view between Art and Science in contrast to the segmented and hierarchical view of knowledge. Based on Morin's ideas about the complexity of knowledge, the study aims to promote a different perspective of the relations between Art and Science and how this new perspective can be explored in interdisciplinary science teaching. After an epistemic reflection on the subject, examples from the research suggesting work clues are presented to support science teachers in an interdisciplinary reconfiguration of their teaching.

Keywords: Science. Art. Interdisciplinarity. Science Teaching.

Resumen: Una manera posible de ser más humano es a través de una visión dialogada entre arte y ciencia en contraste con la visión segmentada y jerárquica del conocimiento. Basado en las ideas de Morin sobre la complejidad del conocimiento, el estudio tiene como objetivo promover una perspectiva diferente de las relaciones entre Arte y Ciencia y cómo esta nueva perspectiva se puede explorar en la enseñanza interdisciplinaria de la ciencia. Después de una reflexión epistémica sobre el tema, se presentan ejemplos de la investigación y pistas de trabajo para apoyar a los profesores en una reconfiguración interdisciplinaria de su enseñanza.

Palabras clave: Ciencia. Arte. Interdisciplinaria. Enseñanza de la Ciencia.

Submetido 18/06/2020

Aceito 31/07/2020

Publicado 31/07/2020

¹ Doutor em Química. Docente (aposentado) da Universidade de Aveiro/Portugal,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9112-6087>. E-mail: cachapuz@ua.pt

Introdução

O que é que a Mecânica Quântica tem a ver com o quadro “Abaporu “da Tarsila, com a “7ª Sinfonia” de Mahler, com “2001 Odisseia no Espaço” do Kubrick ou com a “catedral de Brasília” do Niemeyer? Tem tudo. Arte e Ciência espelham o potencial criador de símbolos e representam a luta do Homem para dar sentido à sua vida, superar a sua finitude e corrigir a miopia do senso comum. Esta é uma questão que me fascina e me trouxe até aqui. “A contemporaneidade exige uma abertura interdisciplinar, uma nova forma de compreender a relação do Homem com o conhecimento” (Cachapuz, 2014, p.96).

Morin aponta o caminho: “Articular as partes ao todo” (Morin 1996, p.14). É preciso, “pensar a complexidade, esse é o maior desafio do pensamento contemporâneo, que necessita de uma reforma do nosso modo de pensar” (Morin e Le Moigne, 2000, p. 199). O que estes autores valorizam na contramão do Cartesianismo é uma deslocalização epistémica em torno de novos referenciais recuperando a multirreferencialidade do conhecimento.

Uma maneira possível de representar tal novo enquadramento epistémico é o proposto por Caraça e Carrilho (1992, p.91) valorizando uma configuração dos saberes segundo a metáfora do arquipélago (fig. 1) em rutura com a configuração segmentada e hierárquica defendida pelo Positivismo. Nessa representação convencional dos saberes, de assinalar a posição da Ciência e da Filosofia que defendem pretensões de validade enquanto a Ética e a Estética defendem posições de valor. Para estes autores, “a Ciência tem de ser considerada enquanto produção de teorias, de linguagens e sociedades, ou seja, deve ser considerada como um dispositivo cognitivo, retórico e comunitário” (idem). E acrescentam argumentação visando anular as hierarquias do conhecimento, caras ao discurso Positivista: “correspondem-lhe assim estratégias de descoberta, comunicação e legitimação específicas, mas não intrinsecamente “superiores” face aos outros saberes” (idem). Consideram mesmo que “o efeito mais poderoso e decisivo da metáfora do arquipélago é a perda de poder, se não mesmo de objeto, das conceções hierárquicas do saber” (Caraça; Carrilho, 1992, p.87).

Figura 1: O Arquipélago dos Saberes

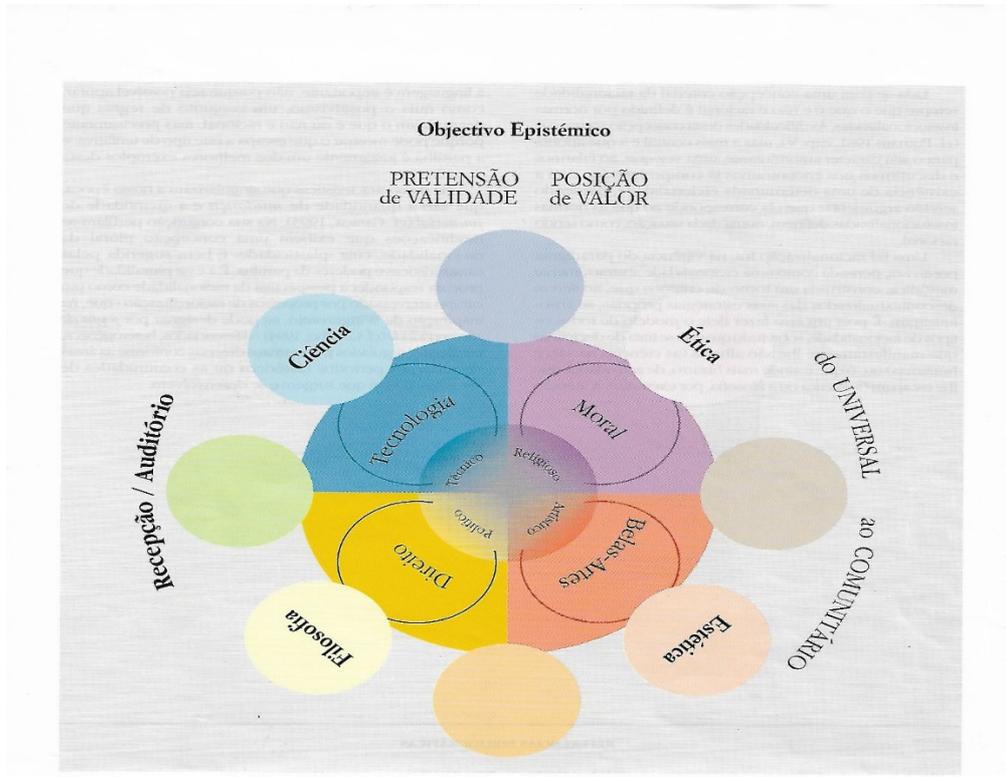


Figura 1: Fonte: Caraça; Carrilho, 1992

Embora para muitos académicos a Ciência e a Arte continuem a ser culturas irreconciliáveis, é possível desde os primórdios do século XX identificar eminentes cientistas tomarem posição pública na defesa de um novo diálogo entre elas. Por exemplo, Poincaré (1920), o matemático a quem se deve a proposição da famosa conjuntura de Poincaré no âmbito da Topologia Algébrica (só resolvida em 2003 por Grygori Perelman), que afirma que não é senão pela Arte e pela Ciência que valem as civilizações. Palavras fortes. Mas é nos anos 50 do século XX, na sequência do posicionamento corajoso de Chales Snow (um físico nuclear) em famosa palestra em 1959 na universidade de Cambridge “As duas culturas e a revolução científica” contra o abismo entre as duas culturas, que o tema se torna recorrente. Cientistas, filósofos e artistas destacam-se desde então na defesa de uma nova abordagem do conhecimento aproximando o mundo da verdade do mundo da emoção e da beleza como uma das formas que nos ajude a superar os problemas que a condição humana nos coloca. Mais perto de nós refira-se o argumento humanista do conhecido neuro-fisiologista António Damásio que questiona a divisão entre o mundo da verdade e o mundo da beleza que o positivismo legitimou e demonstra

como a investigação neurofisiológica ajuda a compreender a relevância do input emocional na decisão racional (Damásio, 1994). No seu livro “best seller” acrescenta que Descartes estava errado no divórcio entre a razão e a emoção, e que o fato de conhecermos melhor o papel das emoções na decisão racional não significa que a razão é menos importante que as emoções, mas tão só que conhecemos agora melhor como o cérebro humano funciona. Damásio não é uma voz isolada. Bem pelo contrário, está acompanhado de ilustres cientistas. Ou ainda, Roalf Hoffman (1993) e Jean- Marie Lehn (1990), dois prémios Nobel da Química, quando chamam a atenção para a similitude entre a Química e a Arte nos processos intelectuais que levam à síntese de novas moléculas e materiais com propriedade desconhecidas até então. Para Hoffman, “creio que a atividade criadora não é muito diferente na arte e na ciência; ambas pretendem explicar uma parte do universo que nos rodeia, e desde esse ponto de vista, a atividade científica é até mais trivial: estabelecer parâmetros perfeitamente definidos para a interpretação do universo é mais fácil do que questionar a morte ou o fim do amor” (Hoffman, apud Monteiro, 1987, p.7). Outro prémio Nobel, agora da Medicina, François Jacob, considera que “deveria ser hoje bem claro que não se explicará o universo em todos os seus pormenores por uma só fórmula ou por uma só teoria” (Jacob, 1981, p.48). Plaza, um artista, refere que “no que respeita à origem do processo criativo o cientista não difere do artista, eles só lidam com diferentes materiais do universo” (Plaza, 1996, p. 26).

É raro conhecer detalhes sobre o modo como os cientistas exploram a emoção estética na decisão racional já que se trata de processos psicológicos dificilmente acessíveis aos próprios. Por exemplo, Martin Kemp, um historiador de Arte, refere que Harry Kroto, o pai do conhecido composto de carbono 60 buckminsterfulereno, um alótropo do carbono, “inspirou-se nas cúpulas geodésicas construídas pelo arquiteto *high-tech* Buckminster Fuller” (Kemp (2010, p.5). Parkinson (2008) aborda as influências históricas da Teoria da Relatividade, Física Quântica e Psicanálise no Surrealismo no início dos anos 20 do século passado e de que como tal inspiração entusiasmou alguns surrealistas no uso de conceitos e vocabulário comuns. O ponto de encontro de cientistas e artistas era de que quer a Física Quântica quer o Surrealismo exploravam novas realidades, “outros mundos”. O mesmo argumento é explorado por Poirier (2003) ao explorar as raízes científicas do famoso quadro cubista de Picasso “Les Demoiselles d’Avignon”. O que este autor defende é de que “Picasso e Einstein se colocaram as mesmas questões sobre a natureza do espaço e tempo e cada um à sua maneira ofereceram uma resposta

similar” (p. 126). Para este autor, Einstein coloca em questão a mecânica de Galileu e Newton ao considerar que não existe um referencial privilegiado para descrever de modo absoluto o movimento de um corpo; Picasso, por seu turno, rompe com os princípios de Rafael e de Vermeer ao considerar que não existe perspectiva única, ou ponto e ângulo privilegiados para representar o corpo e que este deve ser pintado em todas as suas facetas. Ou seja, para o cientista e para o pintor “a representação dos corpos no espaço e tempo passa assim pelo abandono de um referencial absoluto” (idem). No essencial, o que todos os autores caucionam é o papel da imaginação criadora qualquer que seja o âmbito da atividade humana e a valorização do Homem como fazedor de símbolos. No entender de Damásio, inventar é escolher e de que nessa escolha as combinações mais férteis são as normalmente as que derivam de elementos retirados de domínios muito diversos.

Neste estudo, o meu propósito é trabalhar a fronteira entre o 2º e 4º quadrantes (Figura 1) e possíveis contágios entre eles através dessa interface com vista a que jovens e menos jovens possam ter, através da educação, uma compreensão adequada à pergunta formulada no início deste estudo. Por certo não uma educação qualquer já que se trata de aproximar pretensões de validade com posições de valor (Figura 1). Do que se trata aqui é de uma educação que visa a formação de cidadãos com uma nova relação com o conhecimento permitindo-lhes dar sentido, unidade e coerência à diversidade das suas representações e experiências com o mundo. Disso também depende o seu desenvolvimento harmonioso e integral. Infelizmente, a história da Educação em Ciência evidencia que a visão mais frequente de Ciência que prevalece nas escolas é baseada na tradição Cartesiana e Baconiana levando a percepções da Ciência divorciada da cultura na qual existe e tem razão de ser. Ainda que, nos últimos anos, vários currículos (instituídos) de ciências (e não só) do ensino fundamental e médio (sobretudo o primeiro) têm apresentado propostas de superação disciplinar, casos notórios das designadas orientações curriculares CTS, CTSA (A de ambiente), STEM ou STEMA (A de arte), entre outras. A lógica dessas orientações não é de subestimar as disciplinas enquanto organizações lógicas do conhecimento, mas ir mais além e de contrapor à tradicional segmentação disciplinar uma orientação que seja congruente com a riqueza das experiências de vida dos alunos (o real não se nos apresenta sob a forma de disciplinas). No entanto, as concretizações interdisciplinares (de diversa ordem) dos acrónimos em termos de ensino são frequentemente problemáticas já que predominam as orientações multidisciplinares. Um traço comum a essas diversas

orientações é uma limitada aproximação dialógica da Ciência com o campo epistémico da Arte. Embora o tema seja matéria de recente debate em vários países (Colucci-Gray et al., 2017; Harris; Bruin, 2018; Braund; Reiss, 2019), para os quais a aprendizagem da Ciência ganha em completude com o estudo da Arte, são raras as transposições curriculares interdisciplinares que instituem mudanças no ensino e na formação de professores nesse domínio. Restam contributos isolados da pesquisa. No caso do Brasil, de acordo com Ferreira (2012), “um levantamento feito na Revista Brasileira de Ensino de Física entre 1989 e 2012 e na revista Ciência e Educação entre 1998 e 2012 revela que menos de dez artigos tratavam explicitamente do binômio Arte-Ciência” (p. 4). Ainda no âmbito do Brasil, Silva, Reis e Rego (2019) apresentam uma pesquisa bibliográfica entre 1999 e 2017 sobre possíveis conexões entre a Ciência e a Arte de que modo elas podem se relacionar no ensino de Física Moderna, “constatando que, na maioria dos casos, a Arte é utilizada como ferramenta facilitadora no ensino dos conceitos presentes na Física Moderna” (p. 366).

Há várias razões, em particular de ordem histórica e epistemológica (visão de Ciência, ver acima), que explicam (mas não justificam) uma tal omissão nos currículos instituídos. Ou ainda, segundo Dillon (2008), razões de ordem pragmática em que a desvalorização das artes é devida a não estarem diretamente associadas com uma visão utilitária do conhecimento e criatividade. Sob o ponto de vista educativo, a principal consequência de tais omissões curriculares é a limitação de ofertas de ensino e de formação de professores de ciências que os ajudem a superar uma visão menos determinista, unidimensional e mais humanista e tolerante da Ciência. A questão da formação dos professores é fulcral já que trabalhar a interdisciplinaridade (exceto a um nível trivial não envolvendo a estrutura teórico/metodológica das disciplinas) implica necessariamente um conhecimento das disciplinas parceiras. Dito de outro modo, não trabalha a interdisciplinaridade quem quer, mas sim quem pode, sobretudo em campos epistemológicos muito diversos (ver Figura 1). Dado o papel central dos professores como mediadores do conhecimento, neste caso da ciência escolar, e que o seu percurso de formação é tradicionalmente segmentado e centrado nas disciplinas da futura docência, é para eles que este estudo se oferece. O autor não desconhece ser recorrente os professores referirem, e com razão, pouca experiência para abordar a interdisciplinaridade Arte/Ciência, falta de recursos didáticos apropriados e falta de tempo devido a currículos de ensino demasiado extensos. Também não desconhece que a identidade profissional dos professores se constrói na

sua relação com o conhecimento e não só a partir da relação pedagógica.

Tais argumentos justificam uma dupla finalidade do estudo: (i) contribuir para a reflexão epistêmica dos professores de ciências sobre as potencialidades de uma visão dialógica entre a Arte e a Ciência (ii) sugerir pistas de trabalho aos professores de ciências tendo em vista apoiar uma possível reconfiguração interdisciplinar do seu ensino. Na organização do estudo, num primeiro tempo (objetivo 1) abordam-se aspectos dominantes do que une e separa a Arte e Ciência de modo a apoiar uma compreensão alargada do campo em estudo. Num segundo tempo (objetivo 2), para diferentes tópicos de ciências do ensino fundamental e médio, apresentam-se exemplos de fertilizações recíprocas entre a Arte e Ciência no ensino explorando contributos interdisciplinares da pesquisa. Nas notas finais sugerem-se medidas que ajudem a melhorar a formação de professores de ciências, quer na formação inicial que na formação continuada, em torno das sinergias entre Arte e Ciência. Em termos metodológicos, o processo de análise seguiu técnicas de análise documental (Flick, 2009) com uma imersão total nos diferentes dados obtidos a partir de fontes bibliográficas, quer do próprio autor quer de outros autores, orientados para dar resposta aos objetivos formulados.

7

Da Arte e da Ciência

Aqui chegados, não é meu propósito defender que deve haver uma integração cabal da Ciência e da Arte no ensino das ciências ou que a sua epistemologia e a ontologia são idênticas. Mas a questão interessante não é se a Arte e a Ciência são áreas diferentes da experiência humana (já o sabíamos) mas sim que de que modo as suas similaridades/diferenças podem ajudar-nos a pensar novos horizontes educativos. O Quadro 1 apresenta uma síntese de aspectos epistémicos, regimes de produção e regimes de difusão que unem e separam a Arte e a Ciência (de índole Positivista).

Quadro 1: Arte e Ciência: o que une e o que separa (critérios dominantes)

Critério	Arte	Ciência
Processo de construção com ruturas	sim	sim
Dispositivos cognitivos chave: observação e imaginação	sim	sim
Relação sujeito/objeto	ênfase no sujeito	ênfase no objeto
Discurso normativo	não	sim

Atividade individual/coletiva	foco individual	foco grupal (redes)
Linguagem	diversificada	sobrevalorização da matemática
Aquisições recíprocas	sim	sim
Relação com a História	sim	problemática
Nomeação do objeto criado	nem sempre (“sem título”)	sim (nome da teoria, lei, princípio...)

Quadro 1: Fonte: adaptado de Cachapuz, 2013

Alguns dos aspetos do Quadro 1 merecem particular atenção. O primeiro, é a natureza normativa do discurso, por muitos (cientistas e artistas) considerado como “o” critério de demarcação entre Arte e Ciência. A questão é bem mais complexa quando se equacionam os desenvolvimentos da Física Quântica em que as noções de objetividade, causalidade e relação sujeito/objeto que estão no coração do discurso Positivista são postos em causa. Roth (1993, p.676) comentando os trabalhos de Bohr e Heisenberg, considera que “a hipótese ontológica não se aplica à Mecânica Quântica” e que “a incerteza e a indeterminação fazem parte da nossa habilidade para aceder ao conhecimento”. Este mesmo argumento inspirou o compositor John Cage (1951), criador do sistema atonal, que fez da indeterminação e do aleatório um princípio da composição musical, propondo uma música quase impossível de ser tocada e com isso demonstrar a “practicalidade do impossível”. Estas considerações não nos devem iludir sobre diferenças epistémicas entre Arte e Ciência, mas tão só sermos não só sermos mais conscientes e mais tolerantes nos nossos juízos. Kuhn (1989) na análise sociológica feita, embora considerando as similaridades entre a Arte e Ciência como uma revelação, enfatizou que “na Arte prevalece a dimensão estética enquanto que para a Ciência esta é uma ferramenta, nunca é o principal” (p.410); ou seja, no como representa o seu objeto de estudo e não no que é representado.

Outro aspeto do Quadro 1 merecendo destaque diz respeito aos processos de construção da Arte e da Ciência serem, em ambos os casos, permeado de ruturas. As ruturas dizem respeito a conceitos, materiais suportes, técnicas e linguagens. Em ambos os casos o que está em jogo é sempre a procura de alternativas. No caso da Ciência, são exemplos bem conhecidos as conceções sobre a estrutura atômica desde o átomo de Thompson até ao modelo de nuvem eletrónica; ou ainda, os diversos conceitos de ácido/base, desde Arrhenius até Bronsted/Lowry. No campo da Arte, considerem-se contributos pictóricos tão diferentes como os retratos de

Rembrandt (séc. XVII), paisagens de John Constable (séc. IX), as formas cubistas de Picasso (séc. XX), o surrealismo de Salvador Dali (séc. XX) ou as telas abstratas neoplasticistas de Piet Mondrian (séc. XX). Na música, tenha-se em conta a música Barroca de J.S. Bach (séc. XVII) muito diferente do Classicismo/Romantismo de Beethoven (séc. XVIII) ou do Serialismo de Stravinsky (séc. XIX/XX), menos ainda da música eletroacústica de John Cage (séc. XX). Bachelard (1943), bem antes de Khun, já tinha formulado a historicidade da epistemologia e a relatividade do objeto científico. Para Bachelard, em contraponto com perspectivas empiristas de então, o conhecimento científico é construído através da análise crítica dos erros anteriores através de cortes/ruturas epistemológicas.

Apesar dessas visíveis discontinuidades nos dois campos em estudo, é bem menos clara a dinâmica interna das ruturas em cada um deles. Ao abordar a relação com a História, Kuhn (1989) considera que “o sucesso de uma tradição artística não torna outra errada ou enganada; a Arte pode suportar mais facilmente do que a Ciência um certo número de tradições ou escolas simultâneas” (p. 416). Carrilho (1991) retoma esta questão considerando que em todos os livros de história das ciências, “o pensamento científico é sempre descrito no sentido de uma compreensão melhorada e experiência alargada, sempre do menos para o mais, nunca ao contrário, do mais para o menos” (p.72). Ao invés, reportando-se à história da arte, “o progresso seria um simples mito; a história da arte encontra-se face a obras que podem, em qualquer época, ter um sentido de eternidade, uma espécie de perfeição primitiva” (idem). Daqui deriva uma relação diferencial com a história por parte da Arte e da Ciência, o que leva este autor a considerar que se trata de uma “dialética de liquidação do passado tão característico de certas revoluções do pensamento científico” (idem). Khun compara o lugar de honra dados aos esquiços preliminares de alguns artistas capazes de atrair multidões com o destino de esquiços de cientistas para os quais só especialistas se interessam pela história da sua disciplina. Quem aqui vos escreve faz fila para ouvir um concerto de Bach apesar de que vai ouvir ter cerca de 400 anos. Ou seja, a Arte é intemporal e a mediatização da Arte com o público, ao invés da Ciência, faz-se essencialmente através do seu passado.

Finalmente, no âmbito das aquisições recíprocas, embora não sendo o foco deste estudo, são incontáveis as apropriações mútuas Arte/Ciência e Ciência/Arte com que todos os dias somos confrontados (Strosberg, 1999; Orna, 2001; Pancieri; Leite, 2016. O significado de Arte revela aqui todo o seu esplendor, já que vai mais além da fruição estética ou produção de

conhecimento e mostra-se nas suas vertentes de intervenção na realidade. Tenha-se em conta, entre outros, o esplendor dos vitrais das catedrais góticas; a fotografia só possível por uma circunstância química ou por uma circunstância digital; as ligas metálicas que nos permitem apreciar a estética das joias, disfrutar esculturas e obras arquitetónicas, modernas técnicas (RX, radiação UV, infravermelhos, entre outras) usadas na conservação e restauração de monumentos e obras de arte ou ainda a química dos pigmentos na indústria têxtil, cerâmica e azulejos.

Pistas de trabalho para o ensino

No Quadro 2 apresenta-se uma seleção de estudos com potencial de apoio a reconfigurações interdisciplinares do ensino das ciências. Tais estudos são bem mais do que elaborações teóricas apresentadas na introdução deste estudo dado que envolvem propostas concretas de trabalho como possíveis pistas de ensino para os professores. Em alguns casos, envolveram futuros professores numa lógica de formação e posterior exploração no seu ensino. Quatro critérios foram usados nessa seleção: estudos recentes, exemplos com potencial de aplicação quer no Ensino Fundamental quer no Ensino Médio, abranger vários campos disciplinares das ciências e incluir uma tipologia variada de dispositivos no campo das artes. Privilegiou-se estudos em língua Portuguesa tendo em vista potenciais leitores.

Por certo outros exemplos haverá nomeadamente em vários estudos do tipo revisão ou com referências abrangentes sobre o diálogo Arte e Ciência que, pela sua amplitude, podem ser úteis instrumentos de trabalho. Refiram-se entre outros, Piassi (2015) explorando o papel da ficção científica não só nas dimensões da cognição e motivação, mas também no desenvolvimento de atitudes e habilidades relevantes na educação científica; ou ainda, no campo da Física Moderna e também abrangendo exemplos para o Ensino Superior (Silva; Reis; Rego, 2019). Embora este estudo não seja direcionado para o Ensino Superior, cabe aqui registar que tem havido experiências exitosas nesse nível de ensino como na universidade da Califórnia, escola de Medicina, em que os estudantes futuros médicos estudam quadros célebres de Van Gogh, Rembrandt, Kandinsky e de Leonardo para melhorar a sua observação e competências de “pattern recognition” em situações clínicas (Shapiro; Rucker; Beck, 2006).

Quadro 2: Exemplos de estudos interdisciplinares Arte/Ciências/Ensino

Temática	Ensino fundamental	Ensino médio	Tipologia da arte	Referência
Centro de massa		X	escultura; dança	Freitas et al., 2019
Genética/mitocôndrias		X	Literatura	Farias et al., 2017
Dualidade onda/corpúsculo		X	literatura/poesia	Cachapuz, 2014
Ambiente e energia nuclear	X		Cinema	Cunha; Giordan, 2009
Estados físicos da matéria; massa e peso; polinização	X		Literatura	Groto; Martins, 2015
Árvore da vida	X		Ilustração	Corso et al., 2019
Ambiente (transporte sedimentar; interface terra/mar)	X		dança; música	Matias et al., 2019
Água e suas propriedades	X		poesia e performance	Guimarães e Silva, 2016
Química (conceito)		X	Dramatização	Neto et. al., 2013
Funções orgânicas oxigenadas		X	Cinema	Santos; Aquino, 2011
Propriedades do ar	X		Pintura	Gorri e Filho, 2009
Física Quântica (Princípio da incerteza...)		X	Literatura	Souza; Neves, 2016
Cor e luz	X		Ilustração	Cachapuz; Ferreira 2010

Fonte: Própria

No que se segue, apresenta-se uma breve nota para cada um dos trabalhos seleccionados (seguindo a ordem do Quadro 2) tendo somente em vista uma melhor explicitação dos temas e contextos de trabalho usados pelos seus autores sem naturalmente se pretender substituir à leitura atenta dos originais.

O primeiro exemplo (Freitas, Silva; Sousa, 2019) explora a arte cinética de Alexandre Calder (século XX) na construção dos conceitos de centro de massa e de equilíbrio através de oficinas em que os alunos construíram coletivamente um móbil “com figuras planas em papelão (triângulos e retângulos) suspenso por fios a hastes do mesmo material” (p.7). Como subsídio teórico foi introduzida a lei das forças e dos torques com os cálculos necessários para determinar a posição do centro de massa no espaço” (idem), quer dos elementos individuais quer do sistema, de modo a calcular matematicamente a localização dos furos por onde fazer passar os fios do móbil. Apoiados na apresentação de slides, os autores também exploram o conceito de centro de massa noutras situações em movimento como na dança clássica (caso do salto conhecido como *grand jété*) e em situações de equilíbrio estável, casos da escultura e da arquitetura.

No segundo estudo, os autores trabalham o ensino da Genética, tema da linhagem mitocondrial, no segundo e terceiro ano do ensino médio com base na obra de Érico Veríssimo *O tempo e o Vento*. O romance foi inicialmente abordado na aula de Língua Portuguesa e depois explorado na aula de Biologia. “O ensino explora o heredograma que representa a linhagem familiar dos personagens do romance referido” (p. 29) e, de acordo com os autores, “a proposta foi bem recebida e gerou bons resultados” (p.24).

Cachapuz (2014) sugere uma exploração do poema de António Gedeão (pseudónimo de Rómulo de Carvalho, professor de Física/Química do ensino secundário em Portugal e membro da Academia das Ciências) no âmbito da química quântica tendo em vista refletir sobre a dualidade onda/partícula, um tema central do currículo da disciplina de Física/Química. A exploração didática foi feita com êxito quer com professores no âmbito da formação continuada quer com alunos do ensino secundário em Portugal (ensino médio no Brasil).

Cunha e Giordan (2009) descrevem várias temáticas da Educação Científica que é possível abordar através da apresentação de filmes, com destaque para as questões ambientais. Neste contexto, abordam a problemática do nuclear e suas implicações e sugerem alguns conhecidos filmes do circuito comercial. Os autores chamam a atenção para cuidados a ter na preparação didática prévia, em particular a necessidade de “seleção de cenas do filme” (p. 16). Trata-se não só de apoiar o uso de recursos didáticos inovadores pelos professores, mas também de desenvolver o espírito crítico dos alunos em relação à imagem da Ciência e dos cientistas.

As obras de Monteiro Lobato, *A Reforma da Natureza e Serões de Dona Benta*, são o ponto de partida para Groto e Martins (2015) explorarem vários conceitos no ensino das ciências com alunos do Ensino Fundamental (8º e 9º anos). Como metodologia usada, “trechos específicos que faziam alusão aos conteúdos científicos ou que haviam gerado discussão ou interesse dos alunos nas aulas de língua Portuguesa, eram utilizados como elementos introdutórios à abordagem dos conteúdos científicos” (p. 224). Por exemplo, polinização e sistema endócrino (8º ano) e estados físicos da matéria, massa e peso (9º ano). Os autores chamam a atenção dos professores de ciências para estarem atentos a erros conceituais presentes em obras literárias.

Ainda no Ensino Fundamental (8º e 9ºanos), Corso, Rocha e Garcia (2019) trabalharam a interface entre Ciências Biológicas e Artes Visuais através de uma experiência de ensino das Ciências com a construção de um material educativo, a ilustração da Árvore da Vida. O tema insere-se na lógica do estudo da Evolução Biológica “reconhecido pelos autores como uma dificuldade de ensino e de aprendizagem na educação escolar” (p.53). A metodologia privilegiou a ilustração/pintura da Árvore da Vida numa das paredes do laboratório de ciências no contraturno das aulas, após prévias leituras, diálogos com professores e pesquisas individuais.

Matias e colaboradores (2019), abordam temas de educação ambiental com foco na geologia costeira e oceânica através da dança com jovens alunos (10 anos) do ensino básico em Portugal. Conceitos científicos como ondas oceânicas, ventos, correntes ou transporte de sedimentos foram traduzidos em movimentos criativos estruturados em cenários imaginado e acompanhados por música ou sons. A experiência teve uma posterior apresentação pública e também envolveu alguns alunos com necessidades educativas especiais promovendo a sua inclusão social e no grupo.

Um outro poema de António Gedeão (ver acima) desta vez sobre a água e suas propriedades foi explorado por Guimarães e Silva (2016). A metodologia envolveu, num primeiro tempo, a análise e interpretação individual e coletiva dos participantes para evidenciar conceitos, tecnologias e contextos diversos relacionados com a água. Num segundo tempo, desenvolveu-se uma atividade de performance transformando ideias resultantes da fase inicial em movimentos de dança com a participação de um coreógrafo e posterior apresentação num sarau. Embora tenha envolvido futuros professores, esta experiência é facilmente adaptável ao

ensino fundamental, em particular a primeira fase, mais centrada no currículo desse nível de ensino.

A prática de jogos teatrais levou Neto, Pinheiro e Roque (2013) a desenvolverem uma atividade de dramatização sobre o próprio conceito de Química com alunos do 1º ano do ensino médio. A intenção foi de desenvolverem não só conhecimento da Química, mas também a criatividade e expressão oral e corporal. No entender dos autores, “os alunos que participaram nas improvisações mostraram que tinham entendido que a química é uma ciência que estuda a matéria e foram capazes de colocar esse conceito em situações do cotidiano que eles mesmos criaram” (p. 105).

Santos e Aquino (2011) exploraram passagens de um conhecido filme policial para trabalharem com alunos do 3º ano do ensino médio a química dos perfumes. A partir de passagens selecionadas do filme foi possível desenvolver conhecimento sobre as funções orgânicas presentes nos perfumes e a química dos processos envolvidos na preparação de alguns perfumes, a saber: aldeídos, cetonas, alcoóis, terpenos, ácidos carboxílicos, éteres, ésteres e compostos benzênicos. A exemplo do que frequentemente acontece com o uso de metodologias de trabalho inovadoras, os autores referem como aspectos positivos a motivação dos alunos e a reconfiguração nas relações entre professor e alunos.

A pintura de Joseph Wright of Derby e sua interpretação foram o ponto de partida para Gorri e Filho (2009) explorarem o estudo do ar. O quadro mostra uma reunião científica no século XVIII tendo como finalidade o estudo das propriedades do ar. Para além de possíveis explorações no ensino fundamental sobre o conceito de pressão, vácuo e consequências fisiológicas do ar nos organismos vivos, o quadro permite uma exploração da história da Química e seus contextos de realização num século fértil de inovações científicas.

Souza e Neves (2016) apresentam um estudo detalhado sobre o livro paradidático *Alice no País do Quantum* transcodificação de Robert Gilmore do conhecido romance infanto-juvenil *Alice no País das Maravilhas*. O estudo envolve uma análise das dimensões fabular, científica e metafórica da obra envolvendo vários conceitos da Mecânica Quântica um tema reconhecidamente de difícil compreensão. Os autores consideram que apesar da complexidade do tema é possível de ser abordado com alunos do ensino médio através de um material de suporte ao livro didático.

No último dos exemplos apresentados, Cachapuz e Ferreira (2010) exploram o conhecido quadro *Un dimanche après-midi à l'île de la Grand Jatte* do pintor Impressionista Georges Seurat (séc. XIX). Seurat aprendeu com o químico Chevreul e o físico Rood a teoria das cores e que as cores chegam aos nossos olhos sob a forma de luz com diferentes comprimentos de onda e se misturam na retina. Em vez de misturar (como é habitual) os pigmentos na paleta, colocou-os ponto por ponto tão próximo quanto possível de modo que eles se misturem quando vistos com algum recuo do observador. A exploração do quadro permite desenvolver conceitos sobre a natureza das cores, seu carácter aditivo e subtrativo além de sua contextualização histórica. Para alunos do ensino médio, o professor pode explorar as relações com o espectro eletromagnético (gama do visível) e até uma introdução aos processos bioquímicos envolvidos na recepção da luz pelas células recetoras da retina permitindo explicar por que é que os humanos têm uma visão das cores ao contrário de vários animais. Neste caso, a exploração interdisciplinar abrange a Arte, Física, Química e a Biologia.

Notas finais

Um dos aspetos que emerge deste estudo é uma dinâmica crescente da pesquisa desde a viragem do século sobre a interdisciplinaridade entre Arte e Ciência no ensino das ciências. Claramente, já estamos para lá dos ensaios sobre a relevância do campo de estudo embora não ainda na sua legitimação curricular. Tal aspeto é tanto mais relevante quanto se assiste em vários países a uma visão instrumental do currículo de ensino das ciências (e não só) enfatizando a testagem, prestação de contas e pressão de currículos enciclopédicos deixando pouca margem aos professores para inovações do tipo acima referido.

Apesar das limitações da seleção dos exemplos apresentados, em vários deles os autores acentuam que através do diálogo entre a Arte e a Ciência não só foi possível trabalhar com êxito conteúdos curriculares como também melhorar a motivação para a aprendizagem, envolvimento dos alunos em trabalhos de grupo e a melhoria da relação pedagógica entre professor e aluno, todos eles objetivos educativos não despendiendos. Nalguns casos, foi também possível estreitar colaborações entre professores de áreas científicas diversas combatendo assim o tradicional isolamento dos docentes nas escolas.

O problema maior está na formação de professores, inicial e contínua, o mesmo é dizer nas políticas de formação. É importante investir numa formação inicial que dê oportunidades



de formação nas disciplinas de metodologias de ensino das ciências e de prática pedagógica quer no estudo quer na prática de experiências inovadoras envolvendo alunos e/ou futuros professores. Por exemplo, através do estudo e de dramatizações sobre a descoberta do oxigênio (Moreira, 2012) ou sobre a vida de Galileu Galilei (Medina e Braga 2010); no caso da formação continuada, workshops (Cachapuz, 2013) com professores experientes que possam ajudar a estabelecer processos de mediação com outros colegas das escolas. Mas não só. Sem recursos didáticos adequados os esforços de inovação no ensino e na formação dificilmente abrirão caminho. Esse é o trabalho de parcerias entre pesquisadores e professores. Não é uma tarefa fácil, mas está ao nosso alcance.

Referências

- BACHELARD, G. **L'air et les Songes: essai sur l'imagination des forces**. Paris: J. Corti, 1943.
- BRAUND, M.; REISS, M. The 'Great Divide': How the Arts Contribute to Science and Science Education. **Canadian Journal of Science Mathematics and Technological Education**. v. 19, n. 3, p. 219–236, 2019.
- CAGE, J. **Paisagem Imaginária**. Março, n. 4. New York: Peters, 1951.
- CACHAPUZ, A. Art and science: improving teachers' interdisciplinary competences. **Journal of Science Education**, v.14, special issue, p. 5-7, 2013.
- CACHAPUZ, A. Arte e Ciência no ensino das ciências. **Interações**, v. 31, p. 95-106, 2014.
- CACHAPUZ, A.; FERREIRA, P. Bridging art and science in science education. **Journal of Science Education**, v. 2, n.11, p. 60 - 63, 2010.
- CARAÇA, J.; CARRILHO, M. O Imaterial e o Arquipélago dos Saberes. **Colóquio Ciências**, v. 4, n. 12, p. 83-92, 1984.
- CARRILHO, M. **Epistemologia: Posição e Críticas**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1991.
- COLUCCI-GRAY, L.; TROWSDALE, J.; COOKE, C. F.; DAVIES, R.; BURNARD, P.; GRAY, D. S. **Reviewing the potential and challenges of developing STEAM education through creative pedagogies for 21st learning: how can school curricula be broadened towards a more responsive, dynamic, and inclusive form of education?** London: British Educational Research Association, 2017.



- CORSO, J.; ROCHA, M; GARCIA, R. Um relato de experiência sobre interações entre a ciência e as artes visuais na Educação Básica. **Cadernos de Aplicação**, v. 32, n. 1, p. 51-60, 2019.
- CUNHA, M.; GIORDAN, M. A imagem da Ciência no Cinema. **Química Nova na Escola**, v. 13, n.1, p. 9 -17, 2009.
- DAMÁSIO, A. **O erro de Descartes**. Lisboa: Publicações Europa América, 1994.
- DILLON, P. A pedagogy of connection and boundary crossings: methodological and epistemological transactions in working across and between disciplines. **Innovations in Education and Teaching International**, v. 45, n. 3, p. 265- 262, 2008.
- FARIAS, J.; AIRES, R.; ARÊDES, G.; FREIRE, A.; VALLIM, M.; GÓES, A. Linhagem Mitocondrial e os personagens do romance *O tempo e o Vento*: a interdisciplinaridade representada em material didático. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p.24-37, 2017.
- FERREIRA, F. Arte: aliada ou instrumento no ensino das ciências? **ArReDia**, v.1, n.1, p.1-12, 2012.
- FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FREITAS, M.; SILVA, M.; SOUZA, J. Os móveis são estáveis ou instáveis? Ciência e Arte para professores. **Ciência em Tela**, v. 12, n.1, p.1-17, 2019.
- GOLDBERG, M. **Arts integration: Teaching subject matter through the arts in multicultural settings**. London: Routledge, 2016.
- GORRI, A.; FILHO, O. Representação de temas científicos em pintura do século XVIII: um estudo interdisciplinar entre Química, História e Arte. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 184-189, 2009.
- GROTO, S.; MARTINS, A. Monteiro Lobato em aulas de ciências: aproximando ciências e literatura na educação científica. **Ciência e Educação**, v. 21, n.1, p.219-238, 2015.
- GUIMARÃES, L.; SILVA, C. A contribuição da Arte para a formação de professores de Química. **Indagatio Didatica**, v. 8, n.1, 226-239, 2016.
- HARRIS, A.; DE BRUIN, L. R. Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: An international study. **Journal of Educational Change**, n. 9, p.153–179, 2018.
- JACOB, F. **O jogo dos possíveis**. Lisboa: Gradiva, Lisboa, 1985.
- KEMP, M. **Visualisations- the nature book of art and science**. Oxford: Oxford U. P., 2000.



- KUHN, T. **A tensão essencial**. Lisboa: edições 70, 1989.
- MATIAS, A.; CARRASCO, R.; RAMOS, A; BORGES, R. Engaging children in geosciences through storytelling and creative dance. **Geoscience Communication**, p. 1-18, outubro, 2019.
- MEDINA, M; BRAGA, M. O teatro como ferramenta de aprendizagem da Física e de problematização da natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino da Física**, v. 27, n. 2, p. 313-333, 2010.
- MONTEIRO, J. Criatividade em arte, criatividade em ciência. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, n. 28, Série II, 1987.
- MOREIRA, M. A. Oxigênio: uma abordagem filosófica visando discussões acerca da Educação em Ciências – parte 1, poder e ambição. **Ciência & Educação**, v.18, n. 4, p. 363-381, 2012.
- MORIN, E. Pour une réforme de la pensée. **Courrier de l'UNESCO**, Février, p.10-14, 1996.
- MORIN, E; LE MOIGNE, J. L. **A inteligência da Complexidade**. São Paulo: Peiropólis, 1999.
- NETO, H.; PINHEIRO, B.; ROQUE, N. Improvisações teatrais no Ensino de Química: interface entre teatro e cinema na sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p.100 - 106, 2013.
- ORNA, M. Chemistry, Color and Art. **Journal of Chemical Education**, v.78, n.10, p.1305-1309, 2001
- PANCIERI, T; Leite P. **Exposição do acervo de obras de arte do IFES: diálogos com a Ciência**. Vitória: IFES, Campus Montanha, 2016.
- PARKINSON, G. **Surrealism, Art and Modern Science: Relativity, Quantum Mechanics, Epistemology**. New Haven: Yale U.P., 2008.
- PIASSI, L. A ficção científica como elemento de problematização na educação em ciências, **Ciência e Educação**, v. 21, n. 3, p.783-798, 2015.
- PLAZA, J. Arte/Ciência, uma consciência. **Comunicações e Artes**, v.19, n. 29, p.24-33, 1996.
- POINCARÉ, H. **La valeur de la science**. Paris: Flammarion, 1920.
- POIRIER, H. Picasso a-t-il peint la relativité d'Einstein? **Science et Vie**, Avril, p.124-129, 2003.
- ROTH, W. Heisemberg's Principle and Interpretative Research in Science Education. **Journal of Reserach in Science Teaching**, v. 30, n.7, p. 669-680, 1993.



SANTOS, P.; AQUINO, K. Utilização do cinema na sala de aula: aplicação da química dos perfumes no ensino de funções orgânicas oxigenadas e bioquímica. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 3, p. 160-167, 2011.

SHAPIRO, J.; RUCKER, L.; BECK, J. Training the clinical eye and mind: using the arts to develop medical students' observational and pattern recognition skills. **Medical Education**, n. 40, p. 263-268, 2006.

SILVA, A; REIS, J; REGO, S. Publicações sobre o ensino de Física Moderna: relações construídas entre Artes e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 366-382, 2019.

SOUZA, R.; NEVES, S. O livro paradidático no ensino de Física - uma análise fabular, científica e metafórica da obra Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1145-1160, 2016.

STROSBERG, E. **Art et Science**. Paris: UNESCO, 1999.